

6º Laboratório de Sistemas e Sinais

(LEIC – Alameda – 2007/08)

Data de realização e de entrega: semana 10 a 14 Dezembro de 2007.
Local da realização: Laboratório de Controlo, Automação e Robótica, localizado no piso 1 (cave) do Pavilhão de Mecânica III.
Relatórios: Os relatórios seguem a estrutura descrita na secção *Aulas de Laboratório* do site de SS no fenix. Os ficheiros resultantes devem ser comprimidos num único ficheiro, cujo nome segue a norma ***SS_6_#grupo***. A entrega do ficheiro é feita na própria aula. O laboratório está cotado em 19 valores. A qualidade do relatório está cotada em 1 valor.

Exercício 1 *(7.0 valores)*

Um filtro com uma estrutura do tipo IIR pode ser representado pela seguinte equação às diferenças,

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N} b_{k+1} x(n-k) - \sum_{k=1}^{N} a_{k+1} y(n-k), \quad \forall n \in \mathbb{Z}$$

onde os coeficientes $a_k, k \in [2,3,4,\ldots]$ estão associados ao sinal de saída e respectivas realizações passadas, e os coeficientes $b_k, k \in [1,2,3,\ldots]$ estão associados ao sinal de entrada e respectivas realizações passadas. Os coeficientes da equação às diferenças para o SLIT podem ser agregados em vectores

$$A = [a_0 \quad a_1 \quad a_2 \quad \cdots \quad a_N],$$
$$B = [b_0 \quad b_1 \quad b_2 \quad \cdots \quad b_N]$$

e utilizados para parametrizar a função filter do Matlab, de modo a calcular a saída do sistema $y(n)$ para uma entrada $x(n)$. Pretende-se utilizar este filtro com um sinal amostrado com Fs = 8000Hz.

i) Considere um SLIT dado pela equação às diferenças $y(n) = x(n) + 0.9y(n-10)$. Determine a resposta impulsiva do sistema $h(n)$ e represente num gráfico. *(1.0 valores)*

ii) Utilize a função `fft` para obter a resposta em frequência $H(\omega)$ do sistema. Represente em duas figuras independentes a Magnitude e a Fase para $H(\omega)$ em função da frequência ω. Escolha, justificando, a gama de frequências que achar indicada. *(2.0 valores)*

(Nota: *Mag* = `20*log10(abs(`*H(ω)*`))`, *Fase* = `angle(`*H(ω)*`)` ou *Fase* = `unwrap(`*H(ω)*`)` **)**

iii) Comente o comportamento do filtro para a gama de frequências que escolheu. Classifique o filtro de acordo com a resposta anterior. *(1.0 valor)*

iv) Determine a saída do sistema $y(n)$ quando a entrada é dada por $x_0(n) = 2, \quad \forall n \in \mathbb{Z}$. Comente tendo em conta a Magnitude e a Fase de $H(\omega)$. *(1.0 valor)*

v) Considere as entradas $x_i(n), i = \{1,2,3\}$ dadas por,

$$x_1(n) = \cos\left(\frac{1}{400}\pi n\right), \quad x_2(n) = \cos\left(\frac{1}{2}\pi n\right), \quad x_3(n) = \cos\left(\frac{5}{4}\pi n\right)$$

Determine a resposta do sistema $y(n)$ a cada uma das entradas $x_i(n), i = \{1,2,3\}$. Em cada caso represente ambos os sinais num mesmo gráfico. Interprete os resultados de acordo com os gráficos da Magnitude e da Fase de $H(\omega)$ obtidos na alínea ii). *(2.0 valores)*

Exercício 2 *(6.0 valores)*

Utilize o comando `wavread` para carregar o ficheiro *som.wav* para o workspace do Matlab. Este ficheiro contém dados referentes à digitalização de um sinal sonoro, nomeadamente, a variável *som* com o conteúdo sonoro e a frequência de amostragem *Fs*.

i) Escute o sinal *som*. Corra o ficheiro *filtro.mdl* para visualizar o espectro do sinal.

ii) Considere filtragem do sinal *som* nos seguintes casos:

   a. Remoção do ruído, i.e. remoção das componentes de alta frequência presentes no sinal que são "parasitas" e não correspondem a informação útil. Identifique no gráfico produzido na alínea i) a banda de frequências correspondentes à componente ruído do sinal, defina a atenuação em unidades de decibel e projecte um filtro para a sua remoção. *(3.0 valores)*

   b. Extracção de voz. A banda de voz situa-se normalmente entre os 300Hz e os 3400Hz. Projecte um filtro para a extracção do sinal de voz presente no sinal *som*. *(3.0 valores)*

   O Matlab proporciona várias ferramentas para o projecto, síntese e simulação de filtros. No presente caso poderá utilizar as ferramenta `fdatool` ou `fdesign` do Matlab (Filter Design Toolbox). Para a simulação do sistema use o ficheiro *filtro.mdl* fornecido em anexo. Comente os resultados obtidos em cada caso.

(**Sugestão:** visualize os primeiros 40 minutos do screencast da Mathworks "MATLAB for Signal Processing" http://www.mathworks.com/webex/recordings/mlforsp_011807/index.html para se inteirar das ferramentas disponibilizadas pelo Matlab para o projecto e a realização de filtros. Recomenda-se a leitura do capítulo 2 do manual "Getting Started with Filter Design Toolbox", http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/filterdesign/gs.pdf. Poderá encontrar outra documentação em http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/filterdesign/)

Exercício 3 *(6.0 valores)*

Neste exercício pretende-se explorar aspectos relacionados com a amostragem e o fenómeno de alisamento. Para o efeito corra a função ex3 disponível no ficheiro *dados.zip*. Explique detalhadamente os fenómenos para cada uma das situações que se apresentam de seguida:

i) Simule a função com argumento de entrada 1, i.e. ex3(1). *(2.0 valores)*

ii) Simule a função com argumento de entrada 2, i.e. ex3(2). *(2.0 valores)*

iii) Simule a função com argumento de entrada 3, i.e. ex3(3). *(2.0 valores)*

(**Sugestão:** estude o código da função ex3.m e, em particular, o vector *valores* que é fornecido para cada alínea.)